피부색 범위의 점진적 확장에 의한 얼굴 검출 방법

문대성[†] · 한영미[††] · 김민환[†††]

요 약

일반적으로 피부색과 유사한 칼라가 포함된 복잡한 배경으로부터 미리 정의된 단일 칼라 임계값을 이용해 얼굴 영역을 정확하게 추출하는 것은 매우 어렵다. 이에, 본 연구에서는 초기 피부색 범위를 점진적으로 확장시키면서 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 초기 피부색 범위는 인터넷에서의 다양한 영상으로부터 얼굴 영역의 피부색 분포를 분석하여 매우 밀집되어 나타나는 범위로 선정한다. 피부색 범위를 확장함에 따라 영상 공간에서의 얼굴 후보 영역도 확장되어 나타나는데, 확장 단계별로 확장된 얼굴 후보 영역이 실제 얼굴임을 검증하기 위해 얼굴의 모양정보와 얼굴 기관의 위치적 정보를 사용한다. 모양 제한자로는 타원의 특성과 외접 사각형(bounding box)의 가로와 세로의 비율을 사용한다. 얼굴 기관으로는 눈과 입만을 사용했는데, 얼굴 후보 영역 내부의 가로 방향성을 가지는 경계가 주로 눈과 입의 영역입에 착안한 것으로서 비교적 수월하게 추출할 수 있기 때문이다. 실험을 통해, 제안한 방법이 하이라이트(highlight)에 의해 얼굴 영역의 일부가 왜곡된 경우와 얼굴 영역이 피부색과 유사한 배경에 인접해 있는 경우에 대해서도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

A Face Detection Method using Gradual Expansion of Skin Color Range

Daesung Moon[†], Youngmi Han[††] and Minhwan Kim[†††]

ABSTRACT

Usually it is difficult to extract facial regions in a complex image by using only a predetermined skin color. Expecially, it is more difficult to separate them from background regions that contains the skin color. This paper proposes a face detection method by using gradual range expansion of an initial skin color. By analyzing the skin color distribution several images that are collected in the Web, the range of dense distribution is selected as the range of the initial skin color. In each expanding step, expanded regions in the image are tested whether they can be actual facial regions by using the information of the shape of general face and the location of face organs. The shape of general face is modeled as an ellipse and the aspect ratio of its bounding box is used to define the shape constraint for faces. Only the eyes and lips are used as the face organs, which can be easily detected by extracting horizontal edges in the expanded regions. Through several experiments, it is confirmed that the proposed method can detect exactly not only faces having partly distorted regions by highlight but also faces neighboring similar color regions.

1. 서 론

디지털 방송, 웹의 발전으로 내용기반 이미지 검색, 비디오 인덱싱, 비디오 검색 등의 시스템들이 많이 연구, 개발되고 있다[1,2]. 특히, 검색에 있어서 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-2-30300-002-3) 지원으로 수행되었음.

† 한국전자통신연구원 정보보호기술연구본부 생체인식기술연구팀 연구원
†† 준회원, 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
††† 종신회원, 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

람을 키워드로 하는 요구가 많이 발생하고 있으며 [3], 이를 위한 시스템이 요구되고 있다. 정지영상 및 동영상에서 사람의 얼굴에 관한 연구는 크게 얼굴 영역 추출, 얼굴 영역 추적, 얼굴 인식으로 나뉘며, 얼굴 추적 및 인식 시스템의 정확성은 얼굴 영역 추출의 결과에 좌우된다. 대부분의 얼굴 영역 추출 시스템에서는 얼굴의 모양 정보, 얼굴 기관의 위치적 정보, 질감, 모양, 움직임, 칼라 등의 얼굴 특징들을 이용하고 있으며[4-7], 전체적인 구성은 이런 여러 가지 얼굴 특징들을 조합하여 그림 1과 같은 처리 과정으로 이루어진다. 먼저, 피부색 등의 특징을 이용하여 칼라 영상에서 얼굴 영역일 가능성이 있는 후보 영역을 추출하고, 각각의 후보 영역에 대해 얼굴인지 검증하는 과정을 거쳐 얼굴 영역을 추출하게 되는데, 검증 과정에 사용되는 특징으로는 얼굴 형태, 얼굴 기관들의 위치적인 관계, 얼굴 영역의 질감 등이 사용된다. 이때, 얼굴 후보 영역에는 얼굴 영역이 항상 포함되어 있으며 얼굴 영역은 배경과 분리되어 있다고 가정한다.
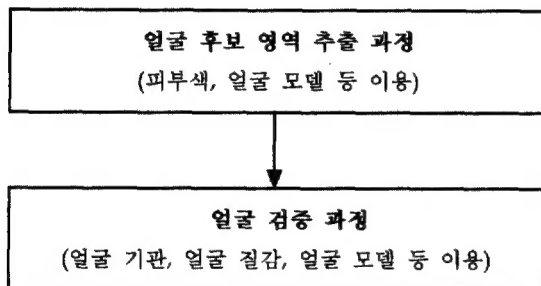
그림 1. 얼굴 영역 추출 시스템의 일반적인 절차

Ying Dai와 Yasuaki Nakano[4]는 칼라 영상에서 얼굴 영역을 추출하기 위해 RGB 칼라 공간을 YIQ 칼라 공간으로 변환한 후 I 성분만을 이용해 얼굴 후보 영역을 선택하였다. 이 후보 영역들 중에서 얼굴 영역만을 추출하기 위해 SGLD(space gray-level dependence) Matrix에 기반한 얼굴의 질감을 이용하여 얼굴 영역을 추출하였다. 이 방법은 비교적 높은 정확도를 가지지만 추출할 window의 크기를 영상에 무관하게 정하기가 힘들어 다소 얼굴의 크기를 제한하였으며, I 성분만으로 얼굴 후보 영역을 추출하는 방법으로는 정확하게 배경과 얼굴이 분리되지 않는 경우가 발생할 수 있다. Haiyuan Wu와 Qian Chen [5]은 실험을 통해 피부색 분포 모델(skin color distribution model)과 머리색 분포 모델(hair color distribution model)을 만들고, 이 두 모델을 이용하여 칼라 영상에서 얼굴 영역과 머리카락 영역에 대한 이진영상을 생성한다. 또한 다섯 가지의 얼굴 템플릿(template)을 미리 정의하고, 얼굴과 머리카락 후보 영역들에서 fuzzy pattern-matching algorithm을 통해 얼굴 영역을 추출한다. 이들은 정면 얼굴이외의 얼굴 영역도 추출하는 성능을 보였지만, 염색 등으로 인한 다양한 머리색(hair color) 및 머리 모양(hair style)을 정의하기가 힘들다. Sobottka와 Pitas[6]는 RGB칼라 공간을 HSV 칼라 공간으로 변환한 후, hue와 saturation정보를 이용하는데, 피부색으로 미리 정의된 H와 S영역을 만족하는 화소들을 얼굴 후보 영역이라 한다. 칼라 정보에 의해 구해진 후보 영역들은 얼굴의 타원 모양 특성을 이용해 얼굴 영역임을 결정한다. 이후 이들은 추출된 얼굴 영역으로부터 눈과 입의 얼굴 특징을 추출하는 방법을 제안했다. 이들이 제안한 방법은 얼굴 영역과 배경이 병합되어 후보 영역으로 나오는 경우에는 적용하기 힘들고, 얼굴의 타원 모양 특성만으로는 얼굴 후보 영역들 중에서 얼굴 영역이외의 모든 영역을 제거하는데 한계가 있기 때문에 단순한 영상을 실험에 사용했다. Rowley [7]는 신경망에 기반한 방법을 사용했다. Rowley는 흑백의 입력 영상을 subsampling한 후, subsampling된 각각의 영상을 일정한 크기의 window단위로 분리하여 신경망 필터(filter)를 거친다. 필터를 거친 얼굴 후보 영역들 중에서 중첩되는 영역을 병합하고, 얼굴이 아닌 잘못 추출된 영역을 제거하는 과정을 거쳐 정확한 얼굴 영역을 추출하게 된다. 이 방법은 정면을 바라보는 얼굴 영상에만 적용하였다.

앞에서 살펴본 여러 방법들에서 얼굴 영역을 추출하는 첫 단계로 피부색 정보를 많이 사용했는데, 이것은 사람의 피부색이 영상 내의 다른 많은 개체들과 잘 구별되기 때문이다. 피부색 영역의 칼라 분포를 통계적으로 관찰해 보면, 밝기를 배제한 색상공간에서 좁은 범위에 분포함을 알 수 있다[4,5,8,14]. 그러나, 복잡한 배경, 조명, 화장(make up), 하이라이트, 잡영 등으로 인해 미리 정의된 단일 칼라 임계값을 이용하여 얼굴 영역과 비 얼굴 영역으로 구분하는 것으로는 보다 정확한 결과를 얻기 힘들다[16]. 만약, 그림 2(a)와 같이 칼라에 의한 분할 결과로써 얼굴 영역의 일부만이 추출되거나 그림 2(b)와 같이 피부

색과 유사한 비 얼굴 영역과 병합되어 추출되었을 경우, 이후 검증 단계의 모양이나 질감 등의 특징에 기반한 작업에서 정확성을 보장 할 수가 없다[9].

(a) 하이라이트가 존재하는 얼굴 영상과 얼굴 영역 추출 결과

(b) 피부색과 유사한 배경이 있는 얼굴 영상과 얼굴 영역 추출 결과

그림 2. 단일 칼라 임계값에 의해 잘못 분할된 결과

이에, 본 논문에서는 미리 정의된 단일 칼라 임계값에 의한 초기 칼라 분할 결과에 의존하지 않고, 피부색일 가능성이 높은 부분부터 점진적으로 피부색 범위를 확장하는 과정을 반복하면서 얼굴 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 이때 각 확장 단계에서 얼굴 후보 영역에 대해 얼굴 영역임을 판단하기 위하여 얼굴의 모양 정보와 얼굴 기관의 위치적인 정보를 이용한다. 모양 제한자로는 얼굴에 대한 타원 모델과 외접 사각형(bounding box)의 가로와 세로의 비율을 사용하였다. 얼굴 기관으로는 얼굴 영역에서 주로 가로 방향의 경계화소로 추출할 수 있는 눈과 입을 사용했는데, 이것은 얼굴의 크기가 작은 경우에도 쉽게 추출할 수 있기 때문이다. 눈과 입에 대한 일반적인 위치적 관계에 대한 템플리트를 이용하여 얼굴 영역을 최종적으로 검증하였다. 이에 따라, 본 논문에서 제안한 방법은 피부색과 유사한 배경이 얼굴 영역과 인접해 있는 경우와 하이라이트(highlight)에 의해 얼굴 영역의 일부가 왜곡된 경우에도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 피부색 범위 확장에 의한 얼굴의 후보 영역을 결정하는 방법에 관해 설명하고, 3장에서는 각 후보 영역이 실제 얼굴 영역인지를 검증하는 방법에 관하여 설명한다. 4장에서는 실험결과를 분석 및 토의하고, 끝으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 얼굴 후보 영역 결정

2.1 피부색 분석 및 피부색 범위 확장

칼라 영상에서 영역 분할을 할 때 칼라는 아주 유용한 정보이다. 따라서 얼굴 영역 추출 및 인식 분야에서는 얼굴 후보 영역을 분리하기 위해 칼라 정보를 많이 사용한다. 칼라 정보를 활용하기 위해 피부색 분포를 분석해 보면, 밝기 성분을 제외한 색채 공간에서 좁은 범위에 군집하여 분포하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 인종에 무관하게 적용할 수 있다는 것이 밝혀졌다[10]. 이러한 피부색 특성을 활용하기 위해, 먼저 RGB 영상을 밝기 정보와 두 개의 색채 정보로 분리 할 수 있는 YCbCr과 같은 칼라 공간으로 변환한다. 한편, YCbCr 칼라 공간 외에 HSI, YIQ, CIELAB, 정규화된 rg 공간 등이 시스템 특성에 따라 사용되기도 한다.

본 논문에서는 피부색 범위를 시각적으로 균등하게 확장시키기 위해 균일 칼라 모델인 CIELAB를 사용하였다. 그림 3은 인터넷에서 임의로 획득한 100개의 영상에서 얼굴 영역만을 Lab 칼라 공간상에 나타낸 것이다. 여기에서 알 수 있듯이, 피부색은 좁은
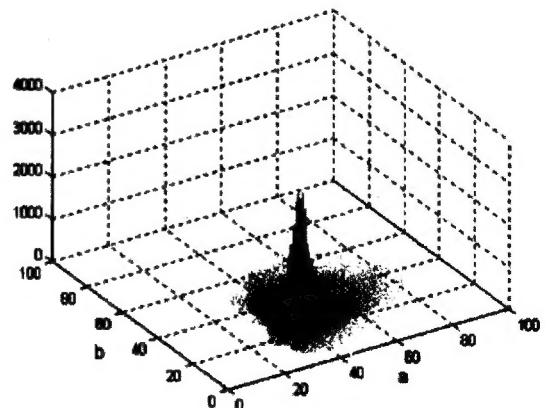
그림 3. Lab 칼라 공간에서의 피부색 분포

범위에 피크(peak)를 가지고 군집되어 나타남을 확인 할 수 있으며, 이러한 칼라 특성은 기본적으로 얼굴 영역과 비 얼굴 영역을 구분하는 기준으로 활용할 수 있다. 그러나, 앞서 말한 조명등의 여러 가지 이유 때문에 미리 정의된 단일 칼라 임계값을 이용하여 얼굴 영역과 비 얼굴 영역으로 구분하는 방법은 보다 정확한 얼굴 영역 추출 결과를 얻기 힘들다[9,16](그림 2).

그림 4는 얼굴 영역을 추출할 때 칼라 공간에서 단일 칼라 임계값을 사용하는 것의 문제점과 피부색 범위를 점진적으로 확장하는 방법의 타당성을 보이기 위한 개념도이다.
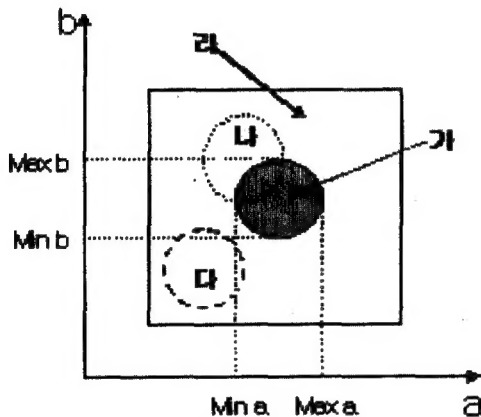
그림 4. 칼라 공간에서의 피부색 범위 설정 개념도

여기에서, 가로축은 Lab 칼라 공간에서 a값을, 세로축은 b값을 나타낸다. 칼라 영역 (가)는 그림 3에서 피크로 나타나는 얼굴일 확률이 높은 칼라 범위를 표시한 것이다. 칼라 영역 (나)와 (다)는 앞에서 언급한 여러 가지 요인에 의해 피부색이 왜곡되어 나타나는 것을 표시한 것이다. 이러한 왜곡된 피부색은 칼라 영역 (나)와 같이 칼라 영역 (가)와 일부가 중첩되어 나타날 수도 있고, 칼라 영역 (다)와 같이 동떨어져 나타날 수도 있다. 칼라 영역 (라)는 이러한 왜곡된 칼라 영역도 포함할 수 있도록 크게 설정한 것이다. 영상에서 얼굴 영역을 추출하기 위하여 칼라 영역 (라)에서와 같은 넓은 범위의 칼라를 피부색으로 사용하면, 칼라 영역 (나)또는 (다)와 같이 왜곡된 피부색 범위에 속하는 얼굴 영역도 모두 추출할 수 있다. 그러나, 칼라 영역 (나)나 (다)에 속하면서 피부색과 유사한 칼라로 구성된 배경 영역도 함께 추출하는 문제점이 있다. 이러한 경우에, 기존의 일반적인 방법들[4-6,14]에서는 얼굴 기관의 기하학 정보를 이용하여 잘못 추출된 배경 영역을 제거하는 후처리 방법을 사용하고 있다. 그러나, 이러한 후처리 방법은 배경 영역이 얼굴 영역과 병합되어 나타나는 경우에는 제대로 적용할 수 없는 한계가 있다.

한편, 칼라 영역 (가)와 같이 좁은 칼라 영역을 피부색 범위로 설정할 경우에는, 칼라 영역 (나)에 속하는 얼굴의 일부분만이 추출되거나 칼라 영역 (다)에 속하는 얼굴 영역을 추출할 수가 없다.

이와 같이, 피부색 칼라 범위를 고정시켜 얼굴을 추출하는 방법을 사용할 경우에는, 고정된 범위를 나타내기 위한 임계값의 설정이 매우 어렵다. 따라서, 피부색 범위를 고정시켜 사용하기보다는 주어진 영상에 따라 그림 4의 칼라 영역 (가)와 (라) 사이에서 적응적으로 피부색 범위를 설정할 필요성이 있다.

이에, 본 논문에서는 얼굴일 가능성이 높은 칼라 영역 (가)에 속하는 화소로 구성된 초기 얼굴 후보 영역을 영상에서 구한 후, 이 영역을 확장시켜 가면서 얼굴을 추출하는 방법을 제안한다. 영역을 확장해 나가기 위해서, 그림 3의 피크 범위에 해당하는 칼라 영역 (가)로 설정된 초기 피부색 범위(seed region of skin color)를 점진적으로 넓혀가면서, 초기 얼굴 후보 영역에 이웃해 있는 추가되는 화소들을 병합해 나가는 방법을 사용한다. 즉, 초기 피부색 범위를 나타내는 a, b값의 범위를 점진적으로 확장해 가면서, 영상에서의 초기 피부색을 포함하고 있는 범위를 확장해 나간다. 이때, 확장된 얼굴 후보 영역과 피부색과 유사한 배경 영역을 구분하기 위해 얼굴의 모양 정보 및 얼굴 기관(눈과 입)의 공간적인 구성 정보를 사용한다.

그림 5는 피부색 범위 확장에 의해 얼굴 후보 영역을 결정하는 과정을 나타낸다. 5(a)는 원시 영상이며, 5(b)는 그림 4의 칼라 영역 (가)에 속하는 초기 얼굴 후보 영역이다. 5(c)는 칼라 영역 (가)를 기준으로 피부색 범위를 점진적으로 넓혔을 때, 이 확장된 피부색 범위에 속하는 화소들을 나타낸 것이다. 영상에서 초기 얼굴 후보 영역(그림 5(b))에 인접한 화소들만을 병합하기 위해 그림 5(c)의 연결 요소 중에서 초기 얼굴 후보 영역을 포함하지 않는 연결 요소들을 제거한 결과가 5(d)이다. 각각의 확장 단계에서 그림 5(d)와 같은 얼굴 후보 영역들이 추출되고, 이 후보 영역

(a) 원시 영상

(b) 초기 얼굴 후보 영역

(c) 영역 확장의 결과

(d) 초기 피부색을 포함하고 있는 확장된 영역

(e) 얼굴 특징 정보에 의해 추출된 얼굴 영역
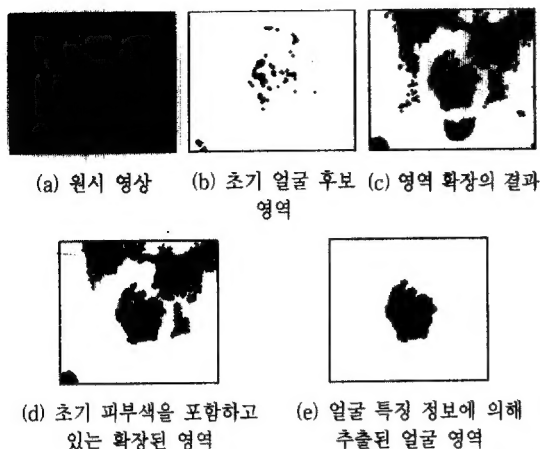
그림 5. 피부색 범위 확장에 의한 얼굴 후보 영역 결정

들 각각이 얼굴인지 검증하는 후처리 과정을 통해 그림 5(e)에서와 같은 정확한 얼굴 영역을 추출하게 된다.

이러한 피부색 범위 확장 방법에 의해 그림 4의 (나)에 속하는 왜곡된 칼라의 얼굴 영역도 추출할 수 있다. 그러나, 심하게 왜곡되어 얼굴 영역의 칼라가 그림 4의 (다)와 같이 분포되어 있는 경우에는, 초기 얼굴 후보 영역이 형성되지 않기 때문에 추출할 수가 없다. 이와 같이 얼굴 영역의 칼라가 매우 왜곡된 경우에는 피부색을 기반으로 한 접근 방법으로는 해결하기가 어렵다.

2.2 초기 얼굴 후보 영역의 확장 종결 조건

피부색 범위 확장 방법에 있어서, 영상에서 초기 얼굴 후보 영역의 결정과 함께 영역 확장의 종결 조건(termination condition) 또한 중요하다. 본 논문에서는, 영역 확장의 종결 조건으로 다음 두 가지 조건을 사용한다.

첫째, 피부색 범위 확장이 초기 얼굴 후보 영역과의 공간적인 인접성을 고려하면서 이루어지므로, 더 이상 고려할 초기 얼굴 후보 영역이 없을 때 종결한다. 초기 피부색 범위에 의해 추출된 초기 얼굴 후보 영역은 연결요소 레이블링(labeling) 과정을 거쳐 초기 얼굴 후보 영역 리스트를 형성한다. 어떤 확장된 영역이 얼굴로 검증되어 추출되면, 이 영역에 속하는 연결요소는 초기 얼굴 후보 영역 리스트에서 제거하게 된다. 초기 얼굴 후보 영역 리스트의 연결 요소가 모두 제거되었을 경우에는, 영역 확장을 종결한다.

둘째, Lab 칼라 공간에서 피부색 범위 확장을 할 때 a와 b의 최대 범위에 대한 임계값을 설정하고 이를 초과했을 경우 종결한다. 설정된 a와 b의 최대 임계값을 넘어선 칼라는 피부색일 가능성이 아주 희박하기 때문이다.

3. 얼굴 특징에 의한 얼굴 영역 결정

피부색 범위를 점진적으로 확장할 때 얼굴 영역뿐만 아니라, 팔과 손 영역 그리고 피부색과 유사한 배경 또한 후보 영역으로 추출된다(그림 5(d)). 이렇게 잘못 추출된 얼굴 이외의 영역을 제거하기 위해 일반적으로 눈, 눈썹, 코, 입과 같은 얼굴 기관들의 기하학적인 정보, 얼굴의 질감, 템플리트 매칭, 주성분 분석 등의 얼굴 검증과정을 거치게 된다. 본 논문에서는, 피부색 범위 확장에 의한 다수의 얼굴 후보 영역들이 얼굴 영역인지 검증하기 위해 얼굴의 모양 정보와 얼굴 기관의 공간적인 위치 정보를 이용한다.

3.1 얼굴의 모양 정보에 의한 비얼굴 영역 제거

얼굴은 타원 모양으로 근사화될 수 있으며[6], 이런 얼굴의 타원 특성은 얼굴 영역과 비얼굴 영역을 결정하는데 사용되어진다. 제안한 방법에서는, 타원 모양 분석을 할 때 2차 모멘트(moment)를 사용하지 않고, 간단한 타원 모양 서술자(descriptor)[15]를 사용하여 팔, 다리, 유사 배경 영역 등과 같은 불필요한 영역을 제거하였다. 또한, 얼굴 너비와 길이의 비가 일정하다는 연구결과[12]에 근거하여 얼굴 후보 영역의 너비와 길이의 비도 사용하였다.

먼저 피부색 범위 확장에 의한 영상에서의 각 연결요소에 대한 외접 사각형(bounding box)을 그림 6과 같이 계산한다. 외접 사각형의 가로를 W, 세로를 H, 연결 요소의 총 화소 개수를 S_1이라 하고, S_1 중에서 식(1)을 만족하는 타원 내부의 화소 수를 S_2라 한다. 얼굴 영역임을 결정하기 위한 매개변수(parameter) 및 매개변수의 범위는 식(2)~(4)와 같이 제한하고, 이 모양 제한자의 조건에 위배되는 영역은 얼굴 후보 영역에서 제외한다. 식(2)~(4)에서의 범위는 실험적으로 구한 것이며, 특히 식(2)에서 W가 H보다 클 수 있도록 하한 범위를 0.9로 정한 것은 모자를 쓴 얼굴도 고려해 주기 위한 것이다. 이 식들은 순서대로 적용하였는데, 이것은 간단한 연산에 의해 제거가 가능한 것들을 신속히 배제해 주기 위함이다.

$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2}+\frac{(y-y_0)^2}{b^2}-1\leq 0 \tag{1}$$

$$p_1=H/W,\ 0.9\leq p_1\leq 2.5 \tag{2}$$

$$p_2=S_2/S_1,\ 0.8\leq p_2\leq 1 \tag{3}$$

$$p_3=S_2/\pi ab,\ 0.8\leq p_3\leq 1 \tag{4}$$
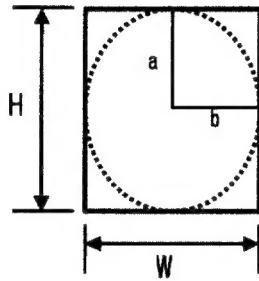
그림 6. 모양 제한자

이렇게 얼굴의 모양 제한자의 조건에 부합되는 영역들은 얼굴일 가능성이 아주 높은 영역들이지만, 이런 모양 정보만으로는 정확한 결과를 얻을 수 없다. 따라서 얼굴의 모양 특성을 만족하는 영역들 중 얼굴 영역을 최종적으로 결정하기 위해 얼굴 기관의 공간적인 위치 정보를 사용하는데, 얼굴 후보 영역 내에서 가로 방향으로 퍼져 분포하는 경계 화소들의 위치적 정보를 이용하여 최종 얼굴 영역을 결정한다.

3.2 얼굴 기관의 공간적인 위치 정보에 의한 얼굴 영역 결정

일반적으로 칼라 영상에서 눈, 코, 입 등의 얼굴 기관을 추출하기 위해서 각 기관의 칼라 정보 또는 밝기 정보를 이용한다.[4,6,9,14] 그러나, 얼굴 영역의 크기가 작거나 영상이 선명하지 않은 경우 칼라 또는 밝기 정보를 이용하여 눈, 코, 입 등의 얼굴 기관을 정확하게 추출하기 어렵다. 이에, 본 논문에서는 상대적으로 잘 추출되는 눈과 입을 얼굴 기관으로 사용하며, 이들을 추출할 때 얼굴내의 경계 정보를 이용한다. 칼라 채널별로 Sobel 경계연산자를 이용하여 경계 성분값을 구하되, 수직 성분의 경계요소값만을 이용하여 식 (5)와 같이 칼라 영상에서의 경계 성분값을 구한다. 수직 성분만을 이용하는 것은 코나 얼굴 외곽선과 같이 세로 방향으로 나타나는 것은 배제하고 주로 가로 방향으로 나타나는 눈과 입을 추출하기 위한 것이다. 이때, 현재까지 확장된 영역 내부에 속하는 가로 방향 경계만을 눈과 입에 대한 경계 후보 화소로 간주한다(그림 7(c),(f)).

$$E_v=\sqrt{E^2_{r,v}+E^2_{g,v}+E^2_{b,v}} \tag{5}$$

(a) 원시 영상

(b) 가로 및 세로 방향성 경계

(c) 가로 방향성 경계

(d) 원시 영상

(e) 가로 및 세로 방향성 경계

(f) 가로 방향성 경계
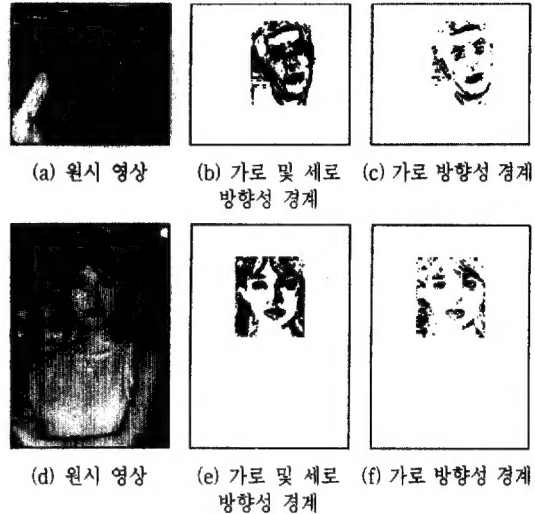
그림 7. 얼굴 영역에서 경계의 분포

얼굴 영역에서 얼굴 기관은 특정한 위치에서 존재하게 되는데[12], 얼굴 후보 영역의 너비에 대한 비율로 각 기관의 위치가 결정된다. 그러나 여러 가지 요인에 의해 얼굴 너비의 비율에 의해 계산된 눈과 입의 템플릿(template)은 실제 얼굴 영상에서 눈과 입의 위치와 정확하게 일치하지 않지만, 눈과 입의 공간적인 위치 관계는 그대로 유지한다. 따라서, 얼굴 후보 영역의 너비의 비율로 계산된 눈과 입의 템플릿을 생성하여 얼굴 후보 영역을 이동해(translation) 나가면서 템플릿에 속하는 경계 화소의 개수가 최대인 위치를 찾는다. 이때 템플릿에 속하는 화소의 개수가 얼굴 후보 영역에 속하는 전체 경계 화소들의 80%를 넘을 경우에 얼굴로 결정한다.

한편, 실제로 얼굴 영역에서 가로 방향 경계가 분포하는 부분은 눈과 입 외에 코나 눈썹, 얼굴의 윤곽선(contour) 일부도 포함된다. 눈과 입의 템플릿에 속하는 경계의 비율을 높이기 위해서 얼굴 후보 영역의 윤곽선 주변의 경계는 눈과 입을 나타낼 가능성이 적기 때문에 제거한다.

또한, 얼굴 기관의 경계 화소들이 가지는 좌우 대칭성도 이용한다. 얼굴 기관의 경계 화소들을 수직방향으

로 투영하여 히스토그램을 만든 다음, 식 (6)에 의한 3차 모멘트를 이용해 히스토그램의 대칭성을 구한다.

$$\mu_3(z) = \sum_{i=0}^{L}(z_i - m)^3 p(z_i) \tag{6}$$

그림 8은 얼굴 기관의 위치적 관계를 이용해서 얼굴 영역임을 결정하는 과정을 보여준다. 그림 8(a)는 3.1절의 모양 제한자의 조건에 부합되는 최종 얼굴 후보 영역을 나타내며, 얼굴 후보 영역에서 수평 방향으로 퍼져있는 모든 경계 화소만을 나타낸 것이 8(b)이다. 그림 8(c)에서처럼 후보 영역의 너비의 비에 의해 눈과 입의 템플릿을 구한 후, 템플릿의 위치적 관계를 고정시키고 후보 영역 내를 이동해나가면서 눈과 입의 사각형 안에 속한 경계 화소들의 개수가 최대일 때를 조사한다. 그림 8(d)는 눈과 입의 템플릿에 속하는 경계 화소들의 개수가 최대일 때의 그림이다. 그림 8(d)의 템플릿 내에 속하는 경계 화소의 개수가 그림 8(b)의 경계 화소의 80%가 넘을 때 얼굴로 결정한다.
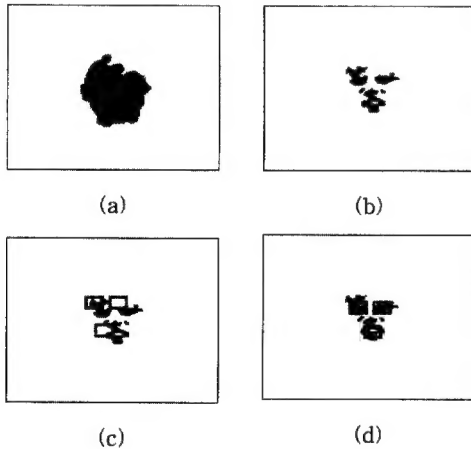
그림 8. 경계의 위치적 정보에 의한 얼굴 영역 결정

4. 실험 및 토의

본 논문의 실험에서는 웹에서 무작위로 획득한 정면 얼굴을 포함한 영상 150매와 실험실에서 칼라 CCD 카메라를 이용하여 획득한 60매의 영상을 입력 영상으로 사용하였다. 표 1은 영상을 세 가지 형태로 나누어 비교한 것이다. 한편, CIE Lab 칼라 공간에서 a, b값은 각각 red/green 와 yellow/blue 칼라 성분을 나타낸다[11]. 따라서, 피부색은 붉은색 성분을 반영하는 a값에 더 민감하므로, 피부색 범위를 확장할 때 b값보다 a값을 미세하게 증가시킴으로써 좀더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 먼저 A 타입은 아무런 제한을 두지 않고 웹에서 획득한 150매의 영상이고, B 타입은 A 타입 중에서 편향된 칼라 조명에 의해 심하게 왜곡된 영상이나 얼굴이 40도 이상 기울어진 영상은 제외한 것이며, C 타입은 실험실에서 획득한 영상이다. A 타입의 경우 다소 떨어지는 성공률을 보이나, B 타입의 영상들은 다소 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 또한 C 타입과 같이 실험실의 특성상 다소 제한된 환경(일정한 조명, 적당한 얼굴 크기, 적당한 기울어짐 등)에서 획득한 영상의 경우는 어느 정도 만족할 만한 결과를 보였다.

표 1. 얼굴 영역 추출 결과

	A (인터넷 무작위 추출 영상)	B (심한 왜곡 배제 영상)	C (실험실 환경 영상)
영상 속의 얼굴 수	204	161	60
추출한 얼굴 수	144	144	56
추출하지 못한 얼굴 수	60	17	4
얼굴 추출 확률	70.5	89.4	93.3

표 2는 영상내의 사람 수에 따른 얼굴 영역 추출 결과를 보여준다. B와 C 타입의 영상을 한 사람이 있는 영상과 두 사람 이상이 있는 영상으로 분류한 후 실험하였다. 한 사람이 있는 영상의 얼굴 추출률이 두 사람 이상 있는 영상보다 다소 좋게 나타났지만, 이는 C 타입의 영상 대부분이 한 사람이 존재하기 때문으로 보인다. 따라서, 결과에서처럼 영상내의 사람 수에는 민감하지 않게 반응함을 볼 수 있다.

그림 9는 영상 내에 얼굴이 하나 존재할 경우 얼굴 추출 결과를 보여준다. 그림 9(a)-(d)는 배경이 피부색과 유사한 경우, 모자를 착용한 경우, 하이라이트 때문에 단일 임계값으로는 정확히 추출하기 힘든 경우, 얼굴이 좌우로 돌아간 경우의 영상들로서 얼굴 영역이 어느 정도 정확하게 추출됨을 볼 수 있다. 그림 9(a)의 경우에서는 얼굴 영역과 함께 목 부분이

표 2. 영상내의 사람 수에 따른 추출 결과

	1인	2인 이상	총 계
영상 속의 얼굴 수	158	63	221
추출한 얼굴 수	144	56	200
추출하지 못한 얼굴 수	14	7	21
얼굴 추출 확률	91.1	88.8	90.4

병합되어 추출되었으며, 얼굴이 기울어 있는 그림 10의 경우에서는 얼굴의 일부만을 추출되었다. 이러한 현상은 칼라 공간에서의 피부색 범위를 점진적으로 확장해 가면서 이미지 공간에서의 일단 얼굴 후보 영역을 확장해 나가는 과정에서 발생한 것이다. 이러한 확장 과정에서 일단 얼굴 영역으로 검증되면, 더 이상 확장하지 않고 현재까지의 영역에 대한 외접 사각형을 얼굴 영역으로 그림 9, 10에 나타내었다.

본 연구에서는, 어떤 영상에서의 얼굴 존재 여부 및 개략적인 위치 정보를 얻는 것을 목적으로 하였기 때문에, 이러한 정도의 정보를 필요로 하는 응용에서 활용할 수 있다. 그러나, 보다 정확한 얼굴 영역에

(a) (b) (c) (d)
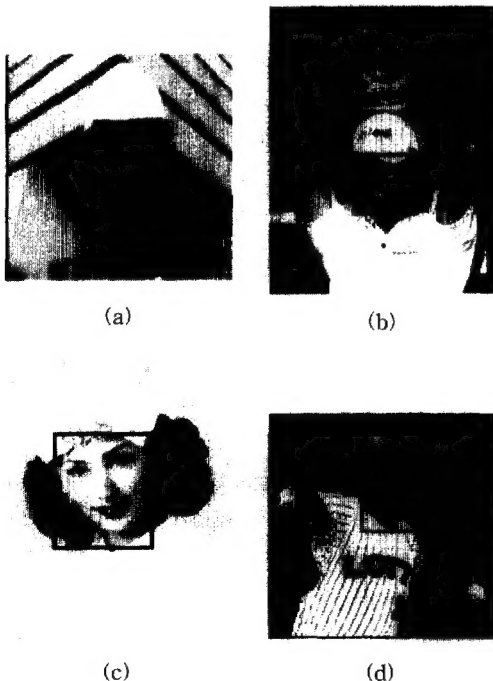
그림 9. 영상에 하나의 얼굴이 존재할 경우의 실험결과

그림 10. 기울어진 얼굴의 실험결과

대한 정보를 필요로 하는 응용 분야에서 활용하기 위해서는, 불필요한 부분(예, 그림 9(a)에서의 목 부분)을 배제하거나 전체 얼굴이 나타나도록 계속 확장해 줄 필요가 있다. 이러한 후처리 과정은 얼굴 검증과정에서의 눈과 입에 대한 위치적 정보를 활용하여 해결이 가능할 것으로 기대된다. 예를 들어, 눈과 입의 위치 정보로부터 얼굴 영역을 타원으로 모델링함으로써, 그림 9(a)에서의 목 부분과 같은 불필요한 부분을 제거할 수 있으며, 그림 10에서는 얼굴 영역을 보다 확장할 수 있다.

그림 11은 두 개의 얼굴이 존재하는 영상의 실험결과로서 제안한 방법에 의해 여러 개의 얼굴 영역도 잘 추출할 수 있음을 보이고 있다. 그러나, 그림 12는 제안한 방법으로 얼굴 영역을 검출하지 못한 예를 보여준다. 그림 12(a)에서와 같이 얼굴이 심하게 기울어진 경우에는 수평 방향으로 분포하는 경계 화소들만으로는 얼굴 기관의 위치적인 정보를 적용할 수 없기 때문이다. 한편, 그림 12(b)와 같이 조명 및 화장에 의해 얼굴 영역 전체의 칼라가 왜곡된 영상에서는 그림 13에서 보는 바와 같이 칼라 공간에서 얼굴 영역의 칼라 분포가 초기 피부색 범위(seed region : 영역 A)에 포함되지 않기 때문에 얼굴 영역을 추출하지 못하였다. 이와 같은 경우에는 칼라 정보를 기반으로 하는 방법으로는 얼굴 영역을 추출하기 어렵다.

그림 12에서 제시된 경우 외에도, 얼굴 영역이 매

(a) (b)
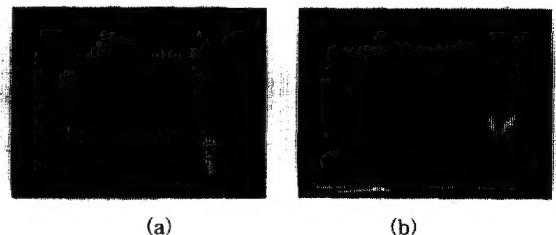
그림 11. 다중 얼굴 영역 추출 결과

그림 12. 얼굴 추출에 실패한 경우

우 큰 경우에 추출이 어려웠는데, 이것은 본 연구에서 제안된 방법을 구현하는 과정에서 이미지 공간에서의 확장을 제한하였기 때문이다. 한편, 얼굴 영역이 어느 정도 이상으로 큰 경우에는, 기존의 여러 가지 방법을 이용하여 눈과 입 등의 얼굴 기관을 정확하게 추출할 수 있다. 이러한 정확한 정보를 활용하면, 본 연구에서와 같이 수평 경계 정보만을 이용해 눈과 입의 위치를 추정하는 방법의 단점인 기울어진 얼굴, 옆으로 많이 회전된 얼굴, 너무 큰 얼굴 등에 대한 추출의 어려움을 극복할 수 있을 것이다. 즉, 얼굴 후보 영역의 크기에 따라 눈과 입과 같은 얼굴 기관을 추출하는 방법을 달리 적용함으로써 보다 추출 성공률이 높은 시스템을 구축할 수 있을 것이다. 그러나, 제안한 방법은 한 영상에 대해 평균적으로 3초 정도의 처리 시간을 필요로 한다. 따라서, 아직 실시간 처리가 요구되는 얼굴 인식 시스템을 위한 전처리 단계로 활용하기에는 곤란하다.
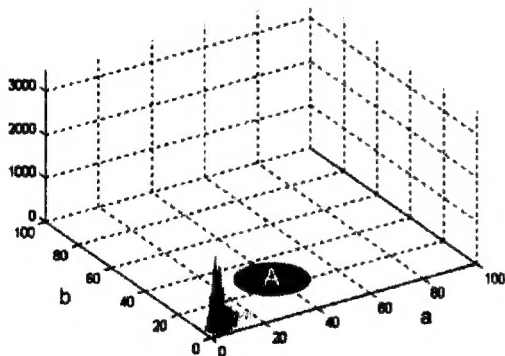
그림 13. 그림 12(b)의 얼굴 영역을 칼라공간에 나타낸 그림

5. 결 론

본 논문에서는 칼라 공간에서의 피부색 범위를 점진적으로 확장하는 방법을 사용함으로써 피부색 범위를 미리 고정시켜 얼굴을 추출하는 방법의 단점을 보완하는 방법을 제시하였다. 아울러, 얼굴에 대한 간단한 모양 정보와 얼굴 후보 영역내의 수평 방향 경계 정보만을 이용하여, 얼굴 크기가 작아 얼굴 기관을 정확하게 추출할 수 없는 경우에도 얼굴 영역을 비교적 정확하게 추출할 수 있는 방법을 제시하였다. 제안된 방법은 영상 내에 포함된 얼굴의 개수 및 얼굴의 크기에 무관하게 비슷한 결과를 보였으며, 조명, 잡영, 화장(make up) 등 여러 가지 요인으로 왜곡된 색을 가지는 얼굴 영역도 잘 추출할 수 있었다. 또한, 피부색과 유사한 배경이 있는 경우에도 비교적 정확하게 얼굴 영역만을 분리하여 추출할 수 있었다. 제안된 방법은 웹에서의 얼굴 영상 분류 및 검색 시스템에서 활용할 수 있으며, 얼굴 인식 시스템에서의 전처리 과정으로 활용이 가능하다.

앞으로, 너무 크거나 심하게 기울어진 얼굴도 추출할 수 있도록 후처리 과정을 보완하는 연구와 칼라 왜곡이 심한 얼굴도 칼라 보정[13]을 통해 추출하는 연구를 통해 성능을 높이고자 한다.

참 고 문 헌

[1] M. Flickner, et al., "Query by Image and Video Content: The QBIC System," IEEE Computer, 28(9), pp. 23-32, 1996

[2] A. Pentland, R. W. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: Content-Based Manipulation of Image Databases," International Journal of Computer Vision, Vol. 18, No 3, pp. 233-254, 1996

[3] C. Frankel, M. Swain, "A Webseer: An image search engine for the World Wide Web," Univ. Chicago. Chicago, IL, Tech. Rep. TR-96-14, 1996

[4] Y. Dai, Y. Nakano, "Face-texture model-based on SGLD and its application in face detection in a color scene," Pattern Recognition, 29(6): pp. 1007-1017, 1996

[5] H. Wu, Q. Chen, and M. Yachida, "Face Detection From Color Images Using a Fuzzy Pattern Matching Method," IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence,

Vol. 21, No. 6, pp. 557-563, 1999

[6] K. Sobottka and I. Pitas, "Looking for Faces and Facial Features in Color Images," *Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications*, Russian Academy of Sciences, Vol. 7, No. 1, 1997

[7] H. A. Rowley and S. Baluja, "Neural Network-Based Face Detection," IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp. 23-38, 1998

[8] J. Yang, W. Lu, and A. Waibel, "Skin-Color Modeling and Adaptation," CMU-CS-97-146, 1997

[9] B. Menser and M. Brunig, "Segmentation of Human Faces in Color Images Using Connected Operators," IEEE International Conf. on Image Processing, Vol. 3, pp. 632-636, 1999

[10] Rossotti, Hazel, Colour : *Why the World isn't Grey*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1983

[11] S. J. Sangwine and R. E. N. Horne, *The Colour Image Processing Handbook*, pp. 44-48, Chapman & Hall, 1998

[12] 유 태웅, 오 일석, "색채 분포 정보에 기반한 얼굴 영역 추출," 정보과학회논문지(B), 제24권, 제2호, pp. 180-192, 1997

[13] M. Störring, H. J. Andersen, and E. Granum "Estimation of the Illuminant Colour from Human Skin Colour," 4th IEEE International Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 64-69, Grenoble, France, 26-30 March, 2000

[14] V. Ronda, M. H. Er., and W. Ser, "Face detection, tracking and recognition-A Study," The Fifth International Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV '98), Singapore, 9-11 December, pp. 50-55, 1998

[15] Ming XU and T. Akatsuka, "Multi-module method for detection of human face from complex background," SPIE Conf. on Applications of Digital Image Processing XXI, Vol. 3460, San Diego, California, pp. 793-802, 1998

[16] 김영길, 한재혁, 안재형, "컬러 정지 영상에서 색상과 모양 정보를 이용한 얼굴 영역 검출," 한국멀티미디어학회논문지, 제4권 1호, pp. 67-74, 2001

문 대 성

1999년 인제대학교 전산학과 학사
2001년 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
2001년 현재 한국전자통신연구원 정보보호기술연구본부 생체인식기술연구팀 연구원
관심분야 : 화상처리, 얼굴인식, 지문인식

한 영 미

1983년 경북대학교 전자공학과 학사
1983년~1990년 현대중공업
1994년 포항공과대학교 정보통신대학원 석사
1996년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야 : 화상처리, 칼라공학

김 민 환

1980년 서울대학교 전기공학과 학사
1983년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사
1988년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사
1991년~1992년 Univ. of Washington 객원연구원
1986년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 화상처리 및 이해, 칼라공학